

アレーアンテナに用いる機械制御型誘電体移相器の研究

著者	長江 眞平
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	89
号	1
ページ	136-137
発行年	2020-08-31
URL	http://hdl.handle.net/10097/00129013

修士学位論文要約（令和2年3月）

アレーアンテナに用いる機械制御型誘電体移相器の研究

長江 眞平

指導教員：陳 強， 研究指導教員：佐藤 弘康

Research on Mechanically Controlled Dielectric Phase Shifter for Array Antenna
Shimpei NAGAE

Supervisor: Qiang CHEN, Research Advisor: Hiroyasu SATO

5G attract attention as new high speed and large capacity communication system. 5G base stations are installed on the wall of a building and enable individual communication with mobile terminals. Such base stations require a thin phased array antenna and phase shifter design. In this paper, a mechanically controlled dielectric phased shifter integrated an array antenna has been proposed and evaluated by the simulation and measurement. Proposed phase shifter has the dielectric plate with the slit which controls the phase shift by moving mechanically. By the dielectric plate with the slit, 20 deg beam-steering has been achieved. On the other hand, antenna gain is so low. In the future, it is expected to be manufactured in the millimeter wave band using low loss materials.

1. はじめに

現在、高速大容量通信が可能な5G通信が注目を集めている。5Gでは高速通信を実現するためにミリ波を用いた端末との個別通信を行うことや、基地局アンテナを市街地の建物の壁に設置することなどが検討されている。この条件を満たすものとして薄型のフェーズドアレーアンテナが提案されており、同時に移相器の設計が求められている。誘電体を用いた低損失な移相器が注目されているが、従来のものは薄型化や給電や製造コストなどの課題があった⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。そこで本研究では、アンテナ一体型の機械制御型誘電体移相器を提案・設計し、その性能について評価した。

2. アンテナ一体型移相器の設計

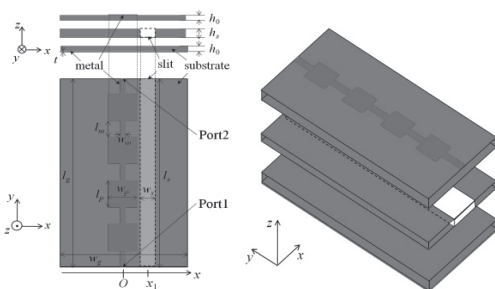


図1: 提案移相器の構造

図1に提案するアンテナ一体型移相器の概略を示す。提案移相器は3層からなり、上から直列給電アレーアンテナ、スリットを設けた誘電体基板、グラウ

ンドとなっている。アンテナと移相器を一体にすることで、コンパクトかつ線路での損失を抑えることが可能になっている。原理としては、第2層のスリットの位置 x_1 を移動することでアンテナ下の等価誘電率が変化するため移相器として動作する。移相器としての性能はスリットサイズに大きく影響される。そこでアンテナ一体型移相器を設計する準備として、第1層をMSLとした場合に位相変化量が得られるスリットサイズを考察した。なお、設計にはFDTD法を用いた。

得られた結果からスリットサイズを定めてアンテナ一体型移相器を設計した。この移相器について、スリット位置 x_1 を変えていった場合の反射係数・動作利得・放射効率の変化を計算した。結果として、動作周波数 f_0 に対して帯域20~30%、動作利得6 dBi、ビーム走査角20 deg、放射効率-3 dBを記録した。

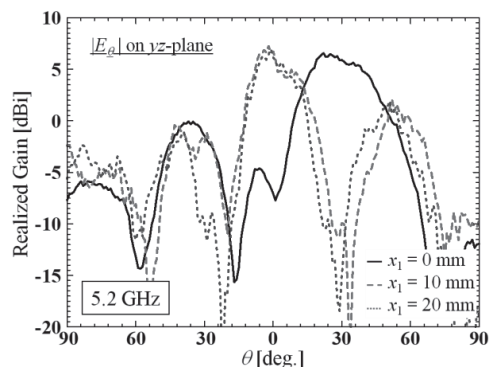


図2: E面動作利得パターン

3. アンテナ一体型移相器の実験的検討

第2章で設計したアンテナ一体型移相器を試作し、実験からその性能を評価した。試作にあたって、設計時に用いた比誘電率に近いPPE基板を誘電体基板に採用し、その厚さから5.2 GHzでのスケールリングを行った。性能評価としてSパラメータと放射パターンの測定を行い、反射係数・動作利得・放射効率を求めた。図2にyz面上の E_θ の動作利得パターンを示す。 $x_1 = 0$ mmの時ビーム方向は $\theta = 20$ deg, $x_1 = 20$ mmの時 $\theta = 20$ deg となり20 degのビーム走査が可能であることが分かった。一方で、利得が7 dBi程度とパッチアンテナの4素子アレーとしては利得が低いことが確認できた。

この結果について、放射効率 η を下記の式(1)によって導入することで考察を行った。

$$\eta = 1 - \frac{|S_{21}|^2}{1 - |S_{11}|^2} \quad (1)$$

放射効率 η の周波数特性を図3に示す。放射効率は約-5 dBとかなり小さい値となっていることが確認できた。式(1)の定義から、放射効率を上昇するには $|S_{21}|$ を小さくする必要があることが分かる。すなわち、アンテナ素子から十分に電力を放射できるような改善が利得上昇に向けての課題であるといえた。

改善の手法としては、 η が0 dBになるまで素子数を増やしていくことや、素子の形状を変更するといったものが考えられる。しかし、このような方法は一般的に帯域を狭くしてしまう。よって、帯域を確保しつつ放射効率を上げる手法が今後求められると考えられる。

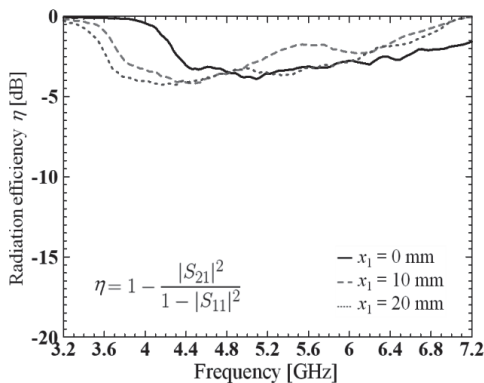


図3:放射効率の周波数特性

4. まとめ

本論文では5Gスモールセル基地局に用いられるミリ波アレーアンテナ向けの薄型な機械制御型誘電体移相器として、アレーアンテナ一体型移相器を提案し、数値解析と実験からその性能を評価した。結果として、動作利得7 dBiおよび20 degのビーム走査が可能であることを示した。今後の課題としては、基地局アンテナとして十分な利得を得るために、素子数の増加といった工夫をすることが挙げられる。

将来的には、ガラスなどの低損失部材を用いてミリ波帯での製造を行うことや、小型で薄型なアレーアンテナが必要なアプリケーションへの応用が期待される。

謝辞

本研究はAGC株式会社のご協力のもと行われました。同社加賀谷氏、佐山氏、熊谷氏をはじめとする関係各位に心より感謝いたします。

文献

- 1) N. Honma *et al.*, "Offset Beam Planar Antenna in Simple Phase Shifter Employing Triangle Dielectric Plate on Feedlines," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E86-B, no. 9, pp. 2720-2727, Sept. 2003.
- 2) Y. Poplavko *et al.*, "Piezo-controlled Dielectric Phase Shifter with Microstrip and Coplanar Lines," *European Microwave Conference*, Oct. 2005.
- 3) K. Nishimoto *et al.*, "M-Shaped Dielectric Phase Shifter for Beam-Steerable Base-Station Antenna," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E96-B, no. 8, Aug. 2013.